

# Мікроконтролери PIC і AVR спрощують периферію

Росс Сатчелл (Ross Satchell), Microchip Technology

Переклад та редагування: Ірина Приходько, к.т.н., доцент кафедри ПРЕ, РТФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

**При розробці надійних периферійних вузлів розробники вбудованих систем часто відштовхуються від чотирьох основних чинників: інтерфейс датчика, низьке енергоспоживання, фактичний розмір і безпека.**

**Компанія Microchip Technology пропонує мікроконтролери (MCU) з широким діапазоном вхідної напруги від 1.8 до 5.5 В, що робить їх незамінними в середовищах з шумами. Оскільки всі сигнали можуть бути виділені на фоні шуму, існує можливість подавати або приймати струм до 50 мА на окремі виводи GPIO, а також працювати в промисловому (від -40 до +85 °C) і розширеному (від -40 до 125 °C) температурних діапазонах. В даній статті ми розглянемо ці чотири чинники по черзі.**

## ІНТЕРФЕЙСИ ДАТЧИКІВ

Існує кілька поширених різновидів інтерфейсів датчиків. Зазвичай розробники вбудованих систем використовують: аналогові датчики, з неперервною напругою або струмом, цифрові датчики, які можуть використовувати логічні рівні або потоки даних, наприклад, послідовний зв'язок, широтно-імпульсну модуляцію (ШИМ), наприклад, датчики положення дросельної заслінки, або датчики часу польоту, що використовуються для вимірювання дальності. Розглянемо деякі з них більш детально.

## Інтерфейси аналогових датчиків

Вибір між дискретними аналоговими та інтегрованими на кристалі аналоговими інтерфейсами надає можливість користувачу обрати відповідний аналоговий інструмент для вирішення своєї задачі. Завдяки використанню більш масштабного технологічного процесу на наших кремнієвих пластинах, аналогові периферійні пристрої на кристалі набагато менш чутливі до перехресних завод, а також індуктивних і емнісних шумів, які зростають, коли виробники переходять на значно тонші технологічні процеси. Аналогові

периферійні пристрої Microchip, що інтегровані на кристалі, налаштовуються так само, як і будь-які інші периферійні пристрої. Завдяки інтегрованій периферії користувач може зчитувати її як вхідні дані, наприклад, він може захотіти дізнатися, якими є стан входів компаратора на певному етапі роботи програми.

Розглянемо деякі з цих аналогових периферійних пристроїв, починаючи з операційних підсилювачів.

## Інтегровані операційні підсилювачі

Інтегровані операційні підсилювачі Microchip мають відповідні пасивні елементи на кристалі, а саме внутрішні резистори схеми, що дозволяють встановлювати програмно коефіцієнт підсилення і навіть змінювати його під час виконання програми. Крім того, під час роботи також можна змінювати конфігурацію операційного підсилювача, тобто користувач може переключатись між операціями інвертування, неінвертування, одиничного підсилення (повторювач напруги) та застосовувати звичайні дискретні конфігурації, що надає набагато більшу гнучкість, ніж використання лише дискретних компонентів, при цьому мінімізуючи витрати.

Зазвичай, використовуючи дискретні компоненти, розробник змушений розробляти свою програму обробки змішаних сигналів для роботи з найгіршими сценаріями, і, таким чином, доводиться жертвувати деякими показниками продуктивності. Однак використання інтегрованих аналогових периферійних пристроїв дозволяє користувачеві вбудувати певний інтелект у свою програму, де вбудована система може змінювати коефіцієнт підсилення операційного підсилювача, конфігурацію або навіть каскадувати їх на «льоту». Це означає, що користувач може розробити свій проект для оптимальної роботи з кожним окремим сценарієм, користуючись при цьому перевагами низького енергоспоживання периферійних пристроїв порівняно з програмно-орієнтованими рішеннями.

Потрібно сказати, що інтегральний операційний підсилювач не є «чарівною паличкою», і як такий він далеко не завжди буде оптимальним рішенням для кожного можливого застосування. Наприклад, якщо користувач розробляє програму, де йому потрібна висока аналогова продуктивність, конфігурація з двома джерелами живлення або особливий варіант, тоді йому слід звернути увагу на широкий асортимент дискретних операційних підсилювачів Microchip. Це ідеальний випадок вибору правильного інструменту для виконання поставленої задачі.

## Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) з розширеними можливостями

Розширені можливості периферійних пристроїв АЦП від Microchip включають апаратні функції, які традиційно були доступні лише за допомогою програмно-орієнтованих драйверів. Це такі функції як накопичення, паралельна обробка, усереднення, віконна обробка та фільтрація. Зазвичай, ці периферійні

пристрої АЦП можуть використовувати зовнішню опорну напругу, але вони також можуть використовувати декілька різних внутрішніх джерел опорної напруги разом з функцією автоматичного перетворення. Це призводить до того, що користувач має доступ до апаратних функцій, які можна використовувати при роботі процесора в режимах низького енергоспоживання. Наприклад, користувач може налаштувати віконну обробку АЦП, яка запускає ЦП лише тоді, коли вхідний сигнал знаходиться за межами цього вікна для його належної обробки. Це означає, що процесор працює з набагато меншою кількістю включень, що призводить до значної економії енергії, що є надзвичайно важливим для застосувань з низьким енергоспоживанням. Це має додаткову перевагу — зменшення системного шуму і, відповідно, шуму датчика, оскільки цифрові компоненти, такі як тактовий генератор і ШІМ, можуть бути відключені, коли вони не використовуються.

### Інтерфейси цифрових датчиків

Зазвичай, на початку розробки програми для вбудованих систем, розробник намагається, наскільки це можливо, об'єднати свої датчики і пристрої навколо однієї області напруги. Це робиться для того, щоб уникнути додаткової складності, збільшення затримки розповсюдження сигналу і пов'язаних з цим витрат на специфікацію матеріалів (Bill of Materials, BOM) і друковану плату, пов'язаних з використанням схем зі зміщенням рівня напруги.

### Порти I/O, сумісні з різними логічними рівнями

Багатопозиційний ввід/вивід (MVIO) дозволяє користувачеві налаштувати один повноцінний порт вводу/виводу, використовуючи діапазон напруги 1.62–5.5 В. Периферійні пристрої MVIO під час використання споживають лише 500 нА, що робить їх ідеальними для застосувань з низьким енергоспоживанням. Вся цифрова обробка послідовних протоколів (I2C, SPI, USART), ШІМ і GPIO працює тільки в завданій області напруги, а рівні вхідних тригерів Шмітта масштабуються відповідно до неї. Крім того, друга шина напруги може бути розділена для використання АЦП як вхідної опорної напруги.

### Конфігуровані логічні елементи (Configurable Logic Cell, CLC)

Користувач може налаштувати цей периферійний пристрій як одну з декіль-

кох різних логічних конфігурацій, які, залежно від пристрою, включають наступні типи вентилів: AND, NAND, AND-OR, AND-OR-INVERT, OR-XOR, OR-XNOR. Користувач також може вибрати одну з наступних засувки і тригерів: S-R засувка, J-K тригер зі скиданням, D-засувка з S-R-керуванням, тактуема D-засувка з S-R-керуванням. Користувач може використовувати графічні інструменти налаштування Microchip для спрощення створення власних периферійних пристроїв відповідно до вимог своїх застосувань.

Це може бути щось просте, наприклад, придушення брязкоту контактів кнопок, або апаратний драйвер для індивідуально адресованих RGB-світлодіодів WS2812B, який поєднує в собі SPI, ШІМ і CLC для створення користувацького драйвера периферійного пристрою. Традиційно драйвери для цих індивідуально адресованих світлодіодів, які використовують спеціальний протокол зв'язку, є програмно керованими, що вимагає використання високошвидкісного системного тактового генератора і призводить до значного навантаження на центральний процесор. Однак, використовуючи незалежні від ядра периферійні пристрої (Core Independent Peripherals, CIP), можна зменшити тактову частоту системи, збільшити час роботи центрального процесора в режимах з низьким енергоспоживанням або навіть використовувати його для паралельного виконання інших завдань.

Використання периферійних пристроїв також збільшує швидкість реакції порівняно з використанням центрального процесора. Це пов'язано з тим, що затримка периферійного поширення зазвичай становить наносекунди, тоді як затримка на переривання або інші затримки через програмно-орієнтовану обробку, як правило, на порядки більші.

### НИЗЬКЕ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

8-розрядні мікропроцесори компанії Microchip пропонують три режими зниженого енергоспоживання (сплячий режим): Idle, Standby, Power-Down, а також конфігурований режим очікування, в якому периферійні пристрої можна налаштувати як ввімкнені, так і вимкнені. З вимкненими периферійними пристроями та в режимі енергозбереження AVR-DB споживає лише 700 нА, що робить його ідеальним для забезпечення тривалої роботи від батареї в малопотужних периферійних вузлах дистанційного вимірювання.

Користувач може використовувати систему подій AVR для передачі сигналів між периферійними пристроями без пробудження центрального процесора. Це призводить до передбачуваного часу відгуку між периферійними пристроями, що забезпечує їх автономне керування та взаємодію, а також синхронізацію дій у часі.

Інтегровані мікросхеми CIP також тісно взаємопов'язані між собою, що дозволяє напряму маршрутизувати сигнали між периферійними пристроями, що значно спрощує передачу даних між ними з меншим споживанням енергії, ніж у програмно-орієнтованих розробках.

### ФАКТИЧНИЙ РОЗМІР

Асортимент 8-розрядних мікроконтролерів PIC і AVR від Microchip представлено в різних корпусах для різноманітних потреб, включаючи PDIP, SOIC, SSOP, VQFN і TQFP. Це дозволяє створити більш гнучкий остаточний дизайн друкованої плати. Однак необхідно мати на увазі, що максимальний номінальний струм мікроконтролера може бути обмежений характеристиками розсіюваної потужності корпусом пристрою.

### БЕЗПЕКА

Останніми роками спостерігається перехід від сенсорних вузлів, які обробляють дані в хмарі, до периферійних вузлів, які виконують більшу частину або всю свою обробку локально, перш ніж відправляти результати в хмару. Це зменшує поточні витрати, пов'язані з хмарними сервісами, завдяки зменшенню об'єму двонаправленої передачі даних та обчислень, а також збільшенню енергоспоживання сенсорних вузлів через часту передачу великих обсягів даних за рахунок надсилання необроблених даних до хмар.

Розробники вбудованих систем можуть об'єднати менш потужний 8-розрядний мікроконтролер для безпосередньої взаємодії з датчиками, з більш потужним 16- або 32-розрядним пристроєм, який можна використовувати для більшого обчислювального навантаження і підвищених вимог до пам'яті, пов'язаних зі складнішими і безпечнішими стеками зв'язку. Зменшення загальної кількості передач даних між периферійним вузлом і хмарним сервісом дозволяє значно скоротити поточні

витрати на хмарні сервіси і витрати заряду акумулятора. Крім того, завдяки використанню другого, більш потужного MCU, інженери можуть навіть виконувати машинне навчання (Machine Learning, ML) на периферії, що робить дизайн системи набагато потужнішим для виявлення закономірностей в даних і отримання корисної інформації.

Розробники також можуть скористатися перевагами захищених елементів Microchip, включаючи АТЕС608В, який використовує алгоритм цифрового підпису ECDSA (*Elliptic Curve Digital Signature Algorithm*) для перевірки автентифікації для Інтернету речей (IoT), що робить його ідеальним для надійних кінцевих вузлів датчиків.

### ПРОСТІ У ВИКОРИСТАННІ ПРОГРАМНІ ІНСТРУМЕНТИ ДОПОМАГАЮТЬ ЗМЕНШИТИ ВИТРАТИ НА РОЗРОБКУ

Використовуючи інтегровані на кристалі периферійні пристрої, можна зменшити складність проектування друкованої плати, заощаджуючи її площу та зменшуючи загальну кількість компонентів у специфікації. Це ще більше спрощується завдяки використанню графічних програмних інструментів MCC/Melody і Harmony для налаштування периферійних пристроїв і системи. Їх можна використовувати для швидкого запуску та роботи, оскільки вони пропонують високорівневе представлення MCU та периферійних функцій. Це означає, що користувач може значно скоротити час, який він витрачає на вивчення специфікацій своїх мікроконтролерів. Це ідеально підходить для розробників при оцінці нових або, можливо, незнайомих периферійних функцій та генерує придатний для використання код для виробництва або може бути використано як зручна довідка для людей, які хочуть розробити власні драйвери.

Всі продукти MCU і MPU, що пропонуються компанією Microchip, можуть бути запрограмовані за допомогою середовища MPLABX IDE (рис 1), яке працює під Windows, MacOS і Linux з використанням нашого асортименту компіляторів, включаючи XC8, XC16 і XC32. Розробник може налагоджувати свою програму, не виходячи з IDE, і може використовувати Data Visualizer для підключення до інтерфейсу шлюзу даних (DGI), послідовних портів, а також виводити інформацію на термінал або графічно зображати значення даних у часі. Візуалізатор даних (Data Visualizer) та-

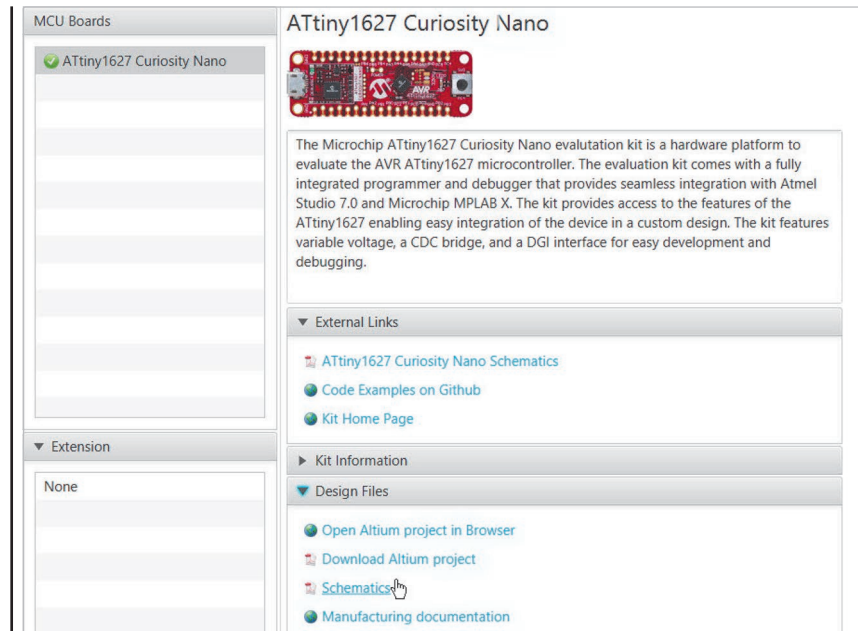


Рис. 1. Вікно MPLABX IDE Curiosity Nano Kit із зовнішніми посиланнями та проектними файлами

кож можна використовувати з Microchip Power Debugger, який має два незалежні канали вимірювання, може подавати до 100 мА при напрузі від 1.6 до 5.5 В для живлення цільового пристрою і може вимірювати до 100 нА в каналі з високою роздільною здатністю. Це робить Power Debugger ідеальним для оптимізації малопотужних додатків, які повинні працювати від батареї роками.

Доступ до технічного опису пристрою та іншої корисної документації можна отримати в MPLABX у вікні Kit Window. Кожна специфікація охоплює сімейство пристроїв, що дозволяє користувачеві порівнювати пристрої в межах сімейства, щоб визначити ті, що найкраще відповідають його проектним вимогам. Такі вимоги включають пам'ять, оперативну пам'ять, тип і кількість периферійних пристроїв, включаючи підтримувані послідовні протоколи та конфігуровані логічні елементи (CLC). При використанні плати для розробки PIC або AVR Curiosity Nano можна також отримати доступ до Посібника користувача обладнання Curiosity Nano, прикладів коду GitHub, схем і файлів проекту Altium у вікні Kit Window.

### ПРОСТІ У ВИКОРИСТАННІ АПАРАТНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ПРОГРАМУВАННЯ ТА НАЛАГОДЖЕННЯ

Компанія Microchip пропонує різноманітні апаратні засоби для оцін-

ки MCU, такі як плати для розробки Curiosity Nano, які можна застосовувати з платою Curiosity Nano Base, що дозволяє легко використовувати будь-які дочірні плати з роз'ємами MikroBUS. Це значно спрощує розробку прототипу або перевірку концепції. Потім, коли розробник починає розробляти власну друковану плату для своєї програми, він може програмувати і налагоджувати її за допомогою програмного налагоджувача PICKit.

### ВИСНОВОК

Використовуючи лінійку 8-розрядних мікроконтролерів PIC і AVR від Microchip, інженери і розробники вбудованих систем можуть легше і швидше розробляти надійні периферійні вузли датчиків з низьким енергоспоживанням, ніж будь-коли раніше, при цьому йдучи на менші компроміси. Розробники можуть використовувати потужний набір незалежних від ядра периферійних пристроїв (CIP), в тому числі створювати власні розробки із застосуванням апаратних функцій, які традиційно вимагали енергоємного втручання центрального процесора, залишаючись при цьому в режимі зменшеного енергоспоживання (сплячому режимі). Завдяки мікроконтролерам PIC і AVR компанія Microchip робить розробку вузлів дистанційного вимірювання, хмарних підключень і ML простішою, ніж будь-коли!